Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No.4, 2025, p. 461-473

The Effect of Feeding Different Levels of Mineral Biochar on Performance, Blood Parameters, Production and Milk Composition of Holstein Dairy Cows

Ali Khatibi Bardsiri[1], Reza Valizadeh[2*], Seyed Hadi Ebrahimi[3], Pirouz Shakeri[4], Abbas Ali Naserian[2]

1-2 and 3- Ph.D. Student, Professor and Assistant Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
4- Associate Professor, Animal Nutrition and Physiology Research Department, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
*Corresponding Author's Email: valizadeh@um.ac.ir

Received: 26-08-2023
Revised: 13-09-2023
Accepted: 13-09-2023
Available Online: 13-09-2023

How to cite this article:
Khatibi Bardsiri, A., Valizadeh, R., Ebrahimi, S. H., Shakeri, P., & Naserian, A. A. (2025). The effect of feeding different levels of mineral biochar on performance, blood parameters, production and milk composition of Holstein dairy cows. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *16*(4), 461-473. (in Persian with English abstract).
http://doi.org/10.22067/ijasr.2023.84121.1169

Introduction: Biochar is a solid product obtained from the thermal conversion of biomass under oxygen-free conditions, which can be used as an additive in animal feed in addition to agricultural applications.

The purpose of this study was to use a natural mineral biochar in the diet of Holstein dairy cows and investigate its effect on functional characteristics, blood parameters, milk production and composition.

Materials and Methods: This research was conducted using 24 lactating Holstein cows, whose average weight at the beginning of the experiment was 618.25 ± 79.27 kg, average daily milk production was 41.08 ± 3.06 kg, and the number of lactation days was 89.1 ± 19.1 days. On average, they were in their second-lactation. The experiment was conducted in the form of a completely random design with three treatments, so that there were eight cows in each group. The length of the experiment was 40 days, the first 21 days were adaptation and the next 19 days was sample collection. Experimental treatments included 1) control group (base diet) 2) base diet with 0.5% mineral biochar 3) base diet with 1% mineral biochar (all based on dry matter). Food consumption and milk production were measured daily. Sampling was done on the 17th and 18th day to determine the composition of milk. On the last day of the experiment, two blood samples 1) containing anticoagulant and 2) without anticoagulant were drawn from the tail vein of the cows to analyze biochemical parameters and count blood cells.

Results and Discussion: Adding 0.5% and 1% mineral biochar to the diet had no significant effect on dry matter consumption, body weight change and metabolic weight change, which showed that biochar did not have an adverse effect on the palatability of the diet. The effect of experimental diets on the biochemical parameters of the blood of cows showed that there is no significant difference between the treatments. The results showed that application of 0.5% mineral biochar in the cow's ration, decreased the ratio of non-fibrinogen proteins to fibrinogen and platelets. Also, when 1% of mineral biochar was used in the ration, the average volume of platelets increased ($P<0.05$), but other parameters of blood cell count in cows were not affected by adding biochar. Therefore, the antibacterial, anti-inflammatory and anti-stress properties of biochar may have caused the reduction of platelets and the ratio of non-fibrinogen proteins to fibrinogen or increase the average volume of platelets. The evaluation of the effect of experimental diets on milk production and milk composition of lactating

http://doi.org/10.22067/ijasr.2023.84121.1169

Holstein cows showed that there is no significant difference between the treatments in the amount of milk production, but the use of 0.5% mineral biochar increased the milk protein percentage, although other milk composition was not affected by adding biochar. Considering that the origin of the metabolic biosynthesis process of protein in milk is due to amino acids in the blood reaching the mammary tissue, and that the energy needed for this metabolic pathway is provided by glucose (absorbed from the small intestine or derived from propionic acid produced in the rumen), the amount of milk protein is determined by the total amount of casein protein, albumins, and blood immunoglobulins secreted in milk. The evaluation of the amounts and ratios of glucose, protein, and blood albumin showed that the highest levels of glucose, protein, and albumin in blood plasma were observed in the treatment fed with a basic diet supplemented with 0.5% biochar. As a result, it has caused the process of protein production in mammary tissue to be more than other treatments. As a result, due to the mentioned reasons, it is possible to justify the increase of milk protein in the treatment fed with ration containing 0.5% biochar.

Conclusion: The results of this research showed that the addition of 0.5% and 1% of biochar from Kohbanan mine to the lactating Holstein cows diet, did not have a significant effect on the performance, blood biochemical parameters. However, when 1% of mineral biochar was used in the diet, it caused an increase in the average volume of platelets, and the use of 0.5% mineral biochar increased milk protein and decreased platelets and the ratio of non-fibrinogenic proteins to fibrinogen.. It seems that the use of 0.5% mineral biochar as a feed additive in the diet of lactating Holstein cows can improve the milk protein.

Keywords: Blood, Holstein dairy cows, Lactation performance, Milk composition, Mineral biochar

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران

Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳، ص. ۴۷۳-۴۶۱

تأثیر تغذیه سطوح مختلف بیوچار معدنی بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی، تولید و ترکیبات شیر گاوهای شیرده هلشتاین

علی خطیبی بردسیری[۱]، رضا ولی‌زاده[۲]*، سید هادی ابراهیمی[۳]، پیروز شاکری[۴]، عباسعلی ناصریان[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۴

تاریخ بازنگری:۱۴۰۲/۰۶/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۲

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر افزودن یک نوع بیوچار معدنی به جیره غذایی بر عملکرد، برخی از فراسنجه‌های خونی، تولید و ترکیب شیر گاوهای شیرده هلشتاین انجام شد. تعداد ۲۴ رأس گاو شیرده هلشتاین با میانگین وزن ابتدای دوره آزمایش۷۹/۲۷ ± ۶۱۸/۲۵ کیلوگرم، تولید شیر روزانه ۳/۰۶ ± ۴۱/۰۸ کیلوگرم و روزهای شیردهی ۱۹/۱ ± ۸۹/۱ روز که به‌طور میانگین در شکم دوم زایش قرار داشتند، در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و هشت تکرار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱) گروه شاهد (جیره پایه) ۲) جیره پایه به‌همراه ۰/۵ درصد بیوچار معدنی ۳) جیره پایه به‌همراه یک درصد بیوچار معدنی بود. طول دوره آزمایشی ۴۰ روز بود که ۲۱ روز ابتدایی جهت عادت‌پذیری و در طول ۱۹ روز بعدی رکوردبرداری میزان مصرف خوراک و میزان تولید شیر گاوها به‌صورت روزانه اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین ترکیبات شیر در روزهای ۱۷ و ۱۸ آزمایش، نمونه‌گیری انجام شد. در آخرین روز آزمایش، دو نمونه خون کامل گاوهای آزمایشی حاوی و فاقد ماده ضد انعقاد از ورید دمی برای تعیین فراسنجه‌های بیوشیمیایی و شمارش سلول‌های خون گرفته شد. به‌طورکلی، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از بیوچار معدنی در جیره گاوهای شیرده هلشتاین بر اکثر صفات عملکردی، فراسنجه‌های خونی و تولید شیر تأثیر معنی‌داری نداشت، هرچند سبب افزایش غلظت پروتئین شیر، حجم متوسط پلاکت‌ها، کاهش نسبت پروتئین‌های غیر فیبرینوژن به فیبرینوژن و مقدار پلاکت‌ها نسبت به گروه شاهد شد. در مجموع، به‌نظر می‌رسد که استفاده از بیوچار معدنی در جیره گاوهای اوایل شیردهی اثر معنی‌داری بر عملکرد شیردهی ندارد، ولی غلظت پروتئین شیر افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: بیوچار معدنی، ترکیب شیر، خون، عملکرد شیردهی، گاوهای شیری هلشتاین

مقدمه

مواد افزودنی گوناگونی به‌منظور بهبود شرایط تخمیر در شکمبه و افزایش تولید نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار گرفته است که از جمله می‌توان به بازدارنده‌های تولید متان، ترکیبات کربنی، آنتی‌بیوتیک‌ها، پروبیوتیک‌ها، عوامل رشد و آنزیم‌ها اشاره کرد. استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در دام‌ها خطرات جدی مانند ایجاد مقاومت منفی باکتریایی و اختلالات روده‌ای ایجاد کرده است. به همین دلیل، امروزه استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در بسیاری از کشورها محدود شده است و تلاش‌های فراوانی به‌منظور یافتن جایگزین مناسب برای آنتی‌بیوتیک‌ها صورت می‌گیرد (Cheng *et al*., 2014).

بیوچار یک محصول جامد است که از تبدیل حرارتی زیست‌توده گیاهی تحت شرایط بدون اکسیژن به‌دست می‌آید. در نتیجه، بیوچار یک نوع ترکیب کربنی می‌باشد و به‌عنوان جایگزینی مناسب برای برخی از افزودنی‌های خوراکی از جمله آنتی‌بیوتیک‌ها معرفی شده است (Chu *et al*., 2013a). علاوه‌براین، بیوچار معدنی می‌تواند به‌عنوان مکمل غذایی در جیره دام به‌کار رود که از جمله اثرات آن می‌توان به حذف توکسین‌ها از خوراک، بهبود سلامت دستگاه گوارشی، بهبود ضریب تبدیل خوراک و کنترل عوامل بیماری‌زا اشاره نمود (Man *et al*., 2021;Cheng *et al*., 2014 ;). محققان در ۲۱ گله اثرات افزودن تغذیه بیوچار بر سلامت و عملکرد گاوهای شیری پیش و پس از افزودن بیوچار را ارزیابی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که چهار هفته پس از مصرف این مکمل معدنی، بهبود در سلامت

۱-۲ و۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۴- دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات تغذیه و فیزیولوژی دام، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

(*- نویسنده مسئول: Email: valizadeh@um.ac.ir)

http://doi.org/ Doi: 10.22067/ijasr.2023.84121.1169

پستان، کاهش تعداد سلول‌های سوماتیک در شیر، مشکلات کمتر سم و نیز افزایش غلظت چربی و پروتئین شیر ثبت شد (Gerlach and Schmidt, 2012).

بیوچار در دو نوع بیوچار آلی (حاصل از سوزاندن ناقص بقایای گیاهی در شرایط بدون اکسیژن) و بیوچار معدنی (که با گذر زمان در طبیعت در زیر خاک مدفون و تولید شده است) وجود دارد. بیوچار استفاده شده در این پژوهش، از معدن بیوچار واقع در منطقه کوهبنان استان کرمان (طی فرایند تشکیل طبیعی و تدریجی با قدمت ۶۵۰ میلیون سال) تهیه گردید. این معدن یکی از معدود معادن بیوچار در سطح جهان است و به‌دلیل دسترسی آسان و کیفیت مناسب مورد توجه بهره‌برداران قرار گرفته است (Saeidi Garaghani *et al*., 2022).

تحقیق انجام شده بر روی افزودن بیوچار معدنی به‌عنوان مکمل خوراکی در تغذیه مرغ تخم‌گذار نشان داده است که علاوه‌بر بهبود هضم، سبب بهبود راندمان تبدیل خوراک می‌شود. همچنین، بیوچار به‌سبب دارا بودن بسیاری از مواد معدنی پرمصرف و کم‌مصرف می‌تواند به‌عنوان مکمل معدنی در جیره هم استفاده شود (Ahmadi *et al*., 2021). در عین‌حال، گزارش شده است که استفاده از بیوچار معدنی در جیره جوجه‌های گوشتی بر مصرف خوراک و پارامترهای عملکردی تأثیر معنی‌داری نداشته است (Kashef *et al*., 2021).

محققان گزارش کرده‌اند که استفاده از یک درصد بیوچار معدنی در گوساله‌های از شیرگرفته هلشتاین سبب بهبود قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین و فیبر نامحلول در شوینده خنثی شده است. علاوه‌براین، در گوساله‌های تغذیه شده با بیوچار معدنی افزایش غلظت گلوکز، اوره و HDL خون گزارش شد (Saeidi Garaghani *et al*., 2022). در پژوهش دیگری، استفاده از سطوح ۰/۳۵ و ۰/۷۰ درصد بیوچار معدنی در استارتر گوساله‌های ماده هلشتاین سبب بهبود بازده تبدیل خوراک و افزایش قابلیت هضم مواد مغذی جیره شد، در حالی که اثر منفی بر خوش‌خوراکی جیره نداشت (Hedayati *et al*., 2020).

منابع متعددی برای تولید بیوچار آلی و همچنین منابع معدنی بیوچار در کشورمان وجود دارند. امّا پژوهش‌های کمی در زمینه استفاده از بیوچار آلی در تغذیه دام در کشور انجام شده است. شاخصه و تفاوت مهم این تحقیق با آزمایشات گذشته در نوع منبع بیوچار و دام استفاده شده می‌باشد و در نتیجه، با هدف بررسی تأثیر افزودن بیوچار معدنی به جیره غذایی بر عملکرد، برخی از فراسنجه‌های خونی، تولید و ترکیب شیر گاوهای شیرده هلشتاین انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مرکز تحقیقات گاوهای شیری دانشگاه فردوسی مشهد با استفاده از تعداد ۲۴ رأس گاو شیرده هلشتاین با میانگین وزن ابتدای دوره آزمایش ۷۹/۲۷ ± ۶۱۸/۲۵ کیلوگرم، تولید شیر روزانه ۳/۰۶ ± ۴۱/۰۸ کیلوگرم و تعداد روزهای شیردهی ۱۹/۱ ± ۸۹/۱ روز و تعداد شکم ۱/۵۷ ± ۲/۰۴ قرار داشتند، انجام شد. آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و هشت تکرار (رأس گاو) انجام شد. طول دوره آزمایش ۴۰ روز بود که ۲۱ روز ابتدایی آن دوره عادت‌پذیری و در ۱۹ روز بعدی رکوردبرداری و ثبت اطلاعات انجام گرفت. جیره غذایی پایه گاوها بر اساس جداول استاندارد و با استفاده از نرم‌افزار جیره‌نویسی (NRC, 2001) تنظیم شد. کلیه جیره-ها از نظر سطوح انرژی و پروتئین دارای مقادیر یکسان بودند. اجزا و ترکیب شیمیایی جیره تغذیه شده به گاوهای شیری هلشتاین در جدول ۱ آورده شده است. مراحل آزمایشی لازم برای تعیین ترکیب مواد مغذی خوراک همچون میزان ماده خشک، پروتئین، چربی، خاکستر، کلسیم، فسفر و ... براساس روش AOAC (AOAC, 2023) و اندازه‌گیری بخش‌های فیبری با روش ون‌سوست و همکاران (Van Soest et al., 1991) انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل ۱) گروه شاهد (جیره پایه) ۲) جیره پایه به‌همراه ۰/۵ درصد بیوچار معدنی ۳) جیره پایه به‌همراه یک درصد بیوچار معدنی (براساس وزن ماده خشک) بودند. بیوچار معدنی مورد استفاده در آزمایش از معدن بیوچار شهرستان کوهبنان استان کرمان تهیه گردید (جدول ۲) (Hedayati *et al*., 2020). بیوچار معدنی روزانه به‌صورت سرک به جیره‌های آزمایشی اضافه شد. بدین صورت که برای اطمینان از مصرف تمامی بیوچار معدنی در روز، قبل از تغذیه صبحگاه به‌صورت مخلوط شده با سبوس گندم به گاوها تغذیه شد.

گاوهای آزمایشی قبل و بعد از اعمال تیمارهای آزمایشی، بعد از انجام شیردوشی وعده صبحگاهی با باسکول دیجیتال وزن‌کشی شدند. گاوها در جایگاه‌های انفرادی (Tie-stall) نگهداری شدند و در طول مدت آزمایش از طریق آبخوری اتوماتیک دسترسی آزاد به آب داشتند.

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه آزمایشی تغذیه شده به گاوهای شیرده هلشتاین
Table 1- Components and chemical composition of the basic diet fed to lactating Holstein cows

مواد تشکیل‌دهنده Feed ingredients	درصد (ماده خشک) (% DM)
سیلاژ ذرت Corn silage	25.0
یونجه خشک Alfalfa	12.5
جو آسیاب شده Ground barley	16.9
ذرت آسیاب شده Ground corn	14.6
کنجاله سویا Soybean meal	10.5
کنجاله کانولا Canola meal	3.8
پنبه دانه تخم Whole cotton seed	3.2
تفاله گندم Brewers grains	2.3
گلوتن ذرت Corn gluten meal	2.6
فول فت سویا Full-fat soybean	2.3
سبوس گندم Wheat bran	1.4
پودر چربی Calcium salt of fatty acid	1.3
اکسید منیزیم Magnesium oxide	0.4
مکمل مواد معدنی- ویتامینی[۱] Vitamin supplement[1]–Mineral	1
مکمل ویتامین E و سلنیوم Vit E & Se	0.14
بیکربنات سدیم Sodium bicarbonate	1
کربنات کلسیم Calcium carbonate	0.8
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	0.1
نمک Salt	0.1
توکسین بایندر Toxin binder	0.06
ترکیب شیمیایی Chemical composition	
ماده خشک (درصد) Dry matter (%)	54.17
انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک) Metabolizable energy (Mcal/kg DM)	2.51
انرژی خالص شیردهی (مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک) NE_l (Mcal/kg DM)	1.60

پروتئین خام (درصد ماده خشک) Crude protein (% DM)	16.20
پروتئین قابل تجزیه در شکمبه (درصد ماده خشک) RDP (% DM)	10.00
پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه (درصد ماده خشک) RUP (% DM)	6.20
چربی خام (درصد ماده خشک) Ether extract (EE) (% DM)	5.40
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک) Acid detergent fiber (ADF) (% DM)	18.90
فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک) Neutral detergent fiber (NDF) (% DM)	30.00
کلسیم (درصد ماده خشک) Calcium (% DM)	0.60
فسفر (درصد ماده خشک) Phosphorus (% DM)	0.40

[۱] ترکیب مکمل مواد معدنی و ویتامینی: ویتامین A پوشش دار : 1000000 IU، ویتامین IU:D3 200000 ، ویتامین E : 6500 IU، ویتامینH2 (بیوتین) : 100 mg، موننسین : 2000 mg، منیزیم : 45000 mg، منگنز : 7000 mg، روی : 10000 mg، مس : 2400 mg، آهن : 500 mg، فسفر : 20000 mg، سلنیوم : 100 mg، ید : 100 mg، کبالت : 100 mg، کلسیم : 180000 mg، آنتی اکسیدان: 1000 mg.

* برگرفته از انجمن تحقیقات ملی (2001)

[1]Complementary composition of minerals and vitamins: coated vitamin A: 1000000 IU, vitamin D3: 200000 IU, vitamin E: 6500 IU, vitamin H2 (biotin): 100 mg, monensin: 2000 mg, magnesium: 45000 mg, manganese: 7000 mg, zinc: 10000 mg, copper: 2400 mg, iron: 500 mg, phosphorus: 20000 mg, selenium: 100 mg, iodine: 100 mg, cobalt: 100 mg, calcium: 180000 mg, antioxidant : 1000 mg.

* Taken from National Research Association (2001).

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی بیوچار معدنی مورد استفاده

Table 2- Chemical compositions of the used mineral biochar

ترکیبات Compositions	مقدار Amount
مواد آلی (درصد) Organic matter (%)	19.4
کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	11.2
نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	0.34
اسید آمینه (درصد) Amino acid (%)	2.37
اسید فولیک (درصد) Folic acid (%)	0.62
اسید هومیک (درصد) Humic acid (%)	1.6
آرژنین(پی پی ام) Arginine (ppm)	13.98
اسید آسپارتیک (پی پی ام) Aspartic acid (ppm)	9490
اسید گلوتامیک (پی پی ام) Glutamic acid (ppm)	1455
هیستیدین (پی پی ام) Histidine (ppm)	126
لوسین (پی پی ام) Leucine (ppm)	12567
سرین (پی پی ام) Serine (ppm)	70.9
فسفر کل (درص) Total phosphorus (%)	0.06

جیره‌ها به‌صورت کاملاً مخلوط و در حد اشتها بـه دام‌هـا تغذیـه شد، به‌طوری‌که در انتهای ۲۴ ساعت حدود ۱۰ درصـد از خـوراک در آخور باقی ماند. خـوراک‌دهی سه مرتبه در طول شـبانه‌روز در سـاعت های ۷/۳۰ (صبح)، ۱۵/۳۰ (ظهر) و ۲۳/۳۰ (شب) (پس از هـر نوبـت شیردوشی) در اختیار دام‌ها قرار مـی‌گرفت. هر روز قبل از تغذیه وعده صبحگاهی ابتدا میزان باقی‌مانده خوراک ۲۴ ساعت گذشـته از داخـل آخور جمع‌آوری، وزن‌کشی و میزان مصرف خوراک گاوها بـه‌صـورت روزانـه ثبت شد. شیردوشی گاوها در طول شبانه‌روز طی سه نوبـت و در ساعت‌های ۷ (صبح)، ۱۵ (عصر) و ۲۳ (شب) انجام شد. تولید شـیر در تمامی وعده‌هـای شیردوشـی دوره ۱۹ روزه رکـوردبرداری توسـط سیستم خودکار دستگاه شیردوشی ثبت شـد. بـرای تعیـین ترکیبـات شـیر، در روزهای ۱۷ و ۱۸ رکوردبرداری در هر وعده شیردوشی (جمعاً شش وعده شیردوشی) از شیر هر گاو به‌میزان ۳۰ میلی‌لیتر در ظروفی جداگانه دارای ماده نگهدارنده (دی‌کرومات پتاسیم) نمونه‌گیری شـد. غلظت ترکیبات و اسیدهای چرب شیر در شـرکت ایـده‌سـازان روژان الونـد واقـع در کـرج بـا اسـتفاده از دسـتگاه آنـالیز شـیر (مـدل CombiScope™ FTIR 600HP شرکت دلتا اینسترومنتس، هلنـد) اندازه‌گیری شد.

در روز ۱۹ رکوردبرداری (آخرین روز آزمایش) سه سـاعت پـس از تغذیه صبحگاهی، دو نمونه خون کامل شامل ۱- نمونه حـاوی مـاده ضد انعقاد و ۲- نمونه فاقد ماده ضد انعقاد از ورید دمی گاوهـا گرفتـه شد. نمونه خون حاوی ماده ضـد انعقـاد EDTA بـرای انـدازه‌گیـری پارامترهای هموگلوبین، هماتوکریت، تعداد گلبـول‌هـای قرمـز، تعـداد گلبول‌های سفید، حجم متوسط سلولی، هموگلـوبین متوسـط سـلولی، غلظت متوسط هموگلوبین سلولی، دامنه پراکندگی حجم گلبـول‌هـای قرمز، پلاکت و متوسط حجم پلاکت با استفاده از دسـتگاه شمارشـگر سلولی (Cell Counter, Nihon Kohden MEK-6450, Japan) و شمارش تفریقی نوتروفیل، لنفوسیت‌ها، ائوزینوفیل‌ها و مونوسیت‌ها به آزمایشگاه کلینیکال پاتولوژی دانشکده دامپزشکی دانشـگاه فردوسـی مشهد ارسال شد. سرم نمونه‌های خون فاقد ماده ضـد انعقـاد توسـط دستگاه سـانتریفیوژ مـدل LMC-3000 جداسـازی شـده و تـا زمـان اندازه‌گیری فراسنجه‌هـای خـونی در دمـای ۲۰- درجـه سـانتی‌گـراد نگهداری شدند. فراسنجه‌های خونی شـامل گلـوکز، کلسـترول، تـری گلیسرید، اوره، پروتئین کل، آنزیم‌های کبـدی ALP، AST و ALT، HDL، اسیدهای چرب غیر استریفه، کلسیم، فسفر، منیزیم و آلبـومین با کیت‌های شـرکت پـارس آزمـون ایـران و فراسـنجه‌هـای BHB و TAC بـا کیـت Randax انگلسـتان و فراسـنجه MDA بـا روش شیمیایی TBRS با استفاده از دسـتگاه اتوآنـالایزر مـدل Alcyon در آزمایشگاه مرکز تحقیقات کـاربردی دارویـی دانشـگاه علـوم پزشـکی تبریز اندازه‌گیری شد. روش انجام آزمایش بر پایه طرح کاملاً تصادفی بوده و تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۹) (ویـرایش ۹/۲) و رویـه MIXED انجـام شـد (SAS, 2009). مـدل آماری مورد استفاده به‌صورت $Y_{ij}=\mu+T_i+e_{ij}$ بوده که در آن، Y_{ij}: به‌عنوان متغیر وابسته، μ: میانگین کل، T_i: اثر جیره و e_{ij}: اثر باقی‌مانده می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی و در سطح آمـاری خطـای پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی صـفات عملکـردی گاوهـای آزمایشـی در جدول ۳ ارائه گردیده است. استفاده از مقادیر ۰/۵ و یک درصد بیوچار معدنی در جیره گاوهای شیرده هلشتاین در اوایـل دوره شـیردهی بـر مصرف ماده خشک و نسبت آن بـه وزن بـدن و وزن متـابولیکی اثـر معنی‌داری نداشت و بیانگر این موضوع است که بیوچار مورد اسـتفاده تأثیر نامطلوب بر مصرف خوراک نداشته است. همسو با این پـژوهش، استفاده از سطوح ۰/۳۳، ۰/۶۶ و یک درصد بیوچـار معـدنی در تغذیـه گوساله‌های از شیرگرفته هلشـتاین اثـری بـر مصـرف مـاده خشـک، افـزایش وزن روزانـه و میـانگین بـازده خـوراک نداشـت (Saeidi Garaghani *et al*., 2022). همچنین، استفاده از نسبت‌های ۰/۳۵ و ۰/۷۰ درصد از بیوچار در گوساله‌های ماده هلشتاین از شیر گرفته شده بر روی وزن بدن و مصرف خوراک روزانه تأثیری نداشت (Hedayati *et al*., 2020). در پژوهش دیگـری، اسـتفاده از بیوچارهـای پوسـت گردو، محصول فرعی پسته و بستر مرغ در جیـره مـیش‌هـای شـیرده تأثیر معنی‌داری بر میانگین خوراک مصرفی و میـانگین تغییـرات وزن بدن مـیش‌هـای شـیرده نداشـت (Mir Heydari *et al*., 2019). در مطالعه انجام شده بر روی گاوهای نر هانوو (Hanwoo)، هنگامی که یک بیوچار نامشخص با دز نسبتاً بالای دو درصد تجویز شد، هیچ اثـر قابل‌توجهی بر تغییر پارامترهای عملکردی همچون مصرف خـوراک و افزایش وزن مشاهده نشده است (Kim and Kim, 2005).

تأثیر جیره‌های آزمایشی بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی سـرم خـون گاوهای شیرده هلشتاین در جدول ۴ نشان داده شـده اسـت. افـزودن بیوچار معدنی اثری بر متابولیت‌های سرم خون نداشت، هرچند غلظت گلوکز و بتاهیدروکسی‌بوتریک‌اسید خون تمایل بـه معنـی‌داری ($P = 0.07$) داشتند و این مسئله مـی‌توانـد زمینـه‌ساز برخـی تغییـرات در فرآیندهای سوخت‌وساز و ترکیبات شیر (همچون پروتئین شیر) باشـد. همسو با نتایج تحقیق حاضر، نتیجـه یـک مطالعـه نشـان داد کـه بـا استفاده از دو درصد بیوچار تجاری در جیره گاوهای نر نژاد هانوو تأثیر معنی‌داری بر فراسنجه‌های خونی در مقایسه با گـروه شـاهد مشـاهده نشد (Kim and Kim, 2005). در تحقیقـی دیگـر، هنگـامی کـه در تغذیه خوک‌های جوان به‌مدت ۴۲ روز علاوه‌بر جیره پایه (ذرت، گندم،

کنجاله سویا) از مقادیر ۰، ۰/۳ و ۰/۶ درصد بیوچار بامبو استفاده شد، در گروه ۰/۶ درصد بیوچار بامبو اثرات افزایش معنی‌داری در پروتئین کل، آلبومین، کلسترول، لیپوپروتئین با چگالی بالا و لیپوپروتئین با چگالی پایین در پلاسمای خون مشاهده گردید. علاوه‌براین، مقدار کورتیزول خون به‌طور قابل توجهی کمتر بود که نشان‌دهنده کاهش حساسیت به تنش بود (Chu *et al.*, 2013b).

جدول ۳- اثر افزودن سطوح مختلف بیوچار معدنی به جیره بر صفات عملکردی گاوهای شیرده هلشتاین

Table 3- The effect of adding different levels of mineral biochar to the diet on the performance parameters of lactating Holstein cows

صفات Parameters	جیره‌های دارای سطوح مختلف بیوچار معدنی Diets containing different levels of biochar 0%	0.5%	1%	میانگین خطای استاندارد SEM	ارزش پی P-value
وزن بدن گاوها در ابتدای آزمایش(کیلوگرم) Body weight of the cows at the beginning of experiment (kg)	586.50	635.50	632.75	28.07	0.40
وزن بدن گاوها در انتهای آزمایش(کیلوگرم) Body weight of the cows at the end of experiment (kg)	559.38	604.88	606.88	25.39	0.35
وزن متابولیکی گاوها(کیلوگرم) Metabolic weight of the cows (kg)	114.89	121.86	122.09	3.83	0.34
تغییر وزن بدن(کیلوگرم) Body weight change (kg)	27.13	30.63	25.88	4.89	0.78
کل ماده خشک مصرفی(کیلوگرم) Total dry matter intake (kg)	525.00	510.75	526.17	9.35	0.44
ماده خشک مصرفی روزانه(کیلوگرم) Daily dry matter intake (kg)	27.63	26.88	27.69	0.49	0. 44
نسبت ماده خشک مصرفی/ وزن بدن Daily dry matter intake /body weight	0.05	0.05	0.05	0.002	0. 10
نسبت ماده خشک مصرفی/ وزن متابولیکی Daily dry matter intake /metabolic weight	0.24	0.22	0.23	0.01	0. 07

محققان گزارش کردند که با تغذیه ۰/۵ درصد از زغال فعال، تغییر معنی‌داری در مقادیر سرمی گلوتامین‌اگزالواستیک ترانس‌آمیناز، گلوتامین فسفات ترانس‌آمیناز، آلبومین، کلسترول و تری‌گلیسرید ایجاد شده است، در حالی‌که آنزیم‌کبدی آلکالین‌فسفاتاز تغییر معنی‌داری نداشته است (Jiya *et al.*, 2014).

در گوساله‌های مصرف‌کننده یک درصد بیوچار معدنی غلظت گلوکز، اوره و HDL سرم خون نسبت به گروه شاهد بیشتر بود، امّا غلظت کلسترول، تری‌گلیسرید، آلانین آمینوترانسفراز، آسپارتات ترانس آمیناز، VLDL، LDL، آلبومین، پروتئین کل و گاماگلوبولین بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت (Saeidi Garaghani *et al.*, 2022). محققان گزارش کردند که افزودن بیوچار بستر مرغ و بیوچار پوست گردو به جیره میش‌های شیرده، تأثیری بر غلظت تری‌گلیسرید و آنزیم کبدی، آسپارتات ترانس آمیناز و آلانین آمینوترانسفراز خون نداشت، ولی باعث افزایش غلظت گلوکز خون نسبت به گروه شاهد شد، که این افزایش گلوکز سرم خون به‌دلیل افزایش نشاسته عبوری به روده کوچک نسبت داده شده است (Mir Heydari *et al.*, 2019). گزارش شده است که غلظت نیتروژن اوره‌ای خون بره‌های دریافت‌کننده بیوچار پوست گردو و محصول فرعی پسته بیشتر از گروه شاهد بود، هر چند که نیتروژن اوره‌ای خون در بره‌های مصرف‌کننده بیوچار بستر مرغ در مقایسه با بره‌های مصرف‌کننده بیوچار محصول فرعی پسته و گروه شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت و غلظت تری‌گلیسرید و آنزیم‌های کبدی شامل آسپارتات ترانس آمیناز و آلانین آمینو ترانسفراز تحت تأثیر افزودن بیوچار به جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت (Mir Heydari *et al.*, 2018).

اثر جیره‌های آزمایشی بر برخی از فراسنجه‌های سلول‌های خونی در جدول ۵ آورده شده است. نتایج نشان داد که استفاده از ۰/۵ درصد بیوچار معدنی در جیره گاوهای شیرده هلشتاین سبب کاهش نسبت پروتئین‌های غیرفیبرینوژن به فیبرینوژن و پلاکت‌ها شد، امّا هنگامی که از سطح یک درصد بیوچار معدنی در جیره استفاده شد، سبب افزایش حجم متوسط پلاکت‌ها گردید (P<۰/۰۵)، امّا سایر فراسنجه‌های سلول‌های خونی گاوها تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت.

جدول ٤– اثر افزودن سطوح مختلف بیوچار معدنی به جیره بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون گاوهای شیرده هلشتاین

Table 4- The effect of adding different levels of mineral biochar to the diet on blood biochemical parameters of lactating Holstein cows

فراسنجه Parameter	جیره‌های دارای سطوح مختلف بیوچار معدنی Diets containing different levels of biochar			میانگین خطای استاندارد SEM	ارزش پی P-value
	0%	0.5%	1%		
گلوکز(میلی گرم بر دسی لیتر) Glucose (mg/dl)	67.17	71.13	73.00	1.63	0.07
کلسترول(میلی گرم بر دسی لیتر) Colestrol (mg/dl)	302.62	343.50	327.25	19.18	0.34
(میلی گرم بر دسی لیتر) تری گلیسرید Triglidrid (mg/dl)	14.63	15.57	15.88	1.03	0.67
اوره(میلی گرم بر دسی لیتر) Urea (mg/dl)	58.25	64.38	58.50	3.38	0.37
آسپارتات ترانس آمیناز(واحد در لیتر) Aspartatae transaminase (UIL)	80.75	87.43	95.75	6.54	0.27
آلانین ترانس آمیناز(واحد در لیتر) Alanine transaminase (UIL)	37.25	38.63	37.88	2.63	0.93
آنزیم کبدی – آلکالن فسفاتاز قلیایی(واحد در لیتر) Alkaline phosphatase (UIL)	187.50	171.43	213.75	24.83	0.49
لیپوپرتئین با دانسیته بالا(میلی گرم بر دسی لیتر) High-density lipoprotein (mg/dl)	186.75	213.71	194.75	11.35	0.26
اسیدهای چرب غیر استریفیه سرمی(میلی مول بر لیتر) Non-esterified fatty acids (mmol/L)	0.41	0.39	0.31	0.05	0.35
ظرفیت آنتی اکسیدانی کل(میلی مول بر لیتر) Total anti-oxidant capacity (mmol/L)	0.45	0.51	0.44	0.04	0.36
بتا هیدروکسی بوتیریک اسید(میلی مول بر لیتر) β-Hydroxybutyric acid (mmol/L)	0.35	0.47	0.39	0.04	0.07
کلسیم(میلی گرم بر دسی لیتر) Calcium (mg/dl)	10.04	10.74	10.59	0.29	0.22
فسفر(میلی گرم بر دسی لیتر) Phosphor (mg/dl)	8.49	8.78	8.16	0.36	0.48
منیزیوم(میلی گرم بر دسی لیتر) Magnesium (mg/dl)	2.77	3.08	3.13	0.14	0.16
آلبومین(گرم بر دسی لیتر) Albumin (g/dl)	4.65	4.82	4.64	0.15	0.66
پروتئین کل(گرم بر دسی لیتر) Total protein (g/dl)	8.44	8.56	8.51	0.26	0.94
مالون‌دی‌آلدهید(گرم بر دسی لیتر) Malondialdehyde (g/dl)	1.71	2.11	2.04	0.28	0.59

عموماً افزایش شمار پلاکت‌ها در بدن در پاسخ به عفونت، التهاب یا کمبود آهن رخ می‌دهد. افزایش حجم متوسط پلاکت‌ها تنها مربوط به اندازه (سایز) پلاکت‌ها است و تعداد در آن بی تأثیر می‌باشد. پس زیاد یا کم بودن آن‌ها به‌تنهایی نمی‌تواند نشان‌دهنده وجود بیماری باشد، بلکه بسته به نتایج سایر بخش‌های آزمایش CBC، کم بودن حجم متوسط پلاکت‌ها می‌تواند نشان دهنده التهاب در بدن باشد (Hasannia *et al.*, 2020).

در یک سیستم شکمبه مصنوعی، بیوچار تولید شده در دمای بالا (۶۰۰ درجه سانتی‌گراد) به‌مقادیر ۰، ۰/۵، یک و دو درصد به یک جیره غذایی با علوفه بالا به‌مدت ۱۷ روز اضافه شد. با افزایش نسبی مقادیر بیوچار به‌صورت خطی قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، فیبر و سنتز پروتئین میکروبی افزایش یافت. همچنین مقادیر استات، پروپیونات و کل اسیدهای چرب فرار در شکمبه مصنوعی افزایش نشان داد (Saleem *et al.*, 2018). در یک آزمایش، اثر مواد افزودنی جاذب طبیعی و مصنوعی مختلف در خوراک را بر کیفیت شیر گاوهای شیرده بررسی شد. بیوکربن فعال بیشترین ظرفیت کاهش سم و بیشترین اثرات مثبت جزئی بر ترکیبات شیر از جمله پروتئین، اسیدهای آلی، لاکتوز، کلریدها و pH را نشان داد. نویسندگان، دلیل آن را با اثرات همزمان سطح ویژه بالا، اندازه مطلوب منافذ میکرو و میل ترکیبی بالای آفلاتوکسین با ساختار آروماتیک کربن‌ها مرتبط دانستند (Di Natale *et al.*, 2009).

جدول ۵- اثر افزودن سطوح مختلف بیوچار معدنی به جیره بر تعداد سلول‌های کامل خون گاوهای شیرده هلشتاین

Table 5- The effect of adding different levels of mineral biochar to the diet on complete blood count (CBC) of lactating Holstein cows

فراسنجه‌ها Parameters	جیره‌های دارای سطوح مختلف بیوچار معدنی Diets containing different levels of biochar				
	0%	0.5%	1%	میانگین خطای استاندارد SEM	ارزش پی P-value
کل پروتئین(گرم بر دسی لیتر) Total protein (g/dl)	8.66	8.63	8.50	0.20	0.84
فیبرینوژن(میلی گرم بر دسی لیتر) Fibrinogen (mg/dl)	342.86	437.50	400.00	39.28	0.26
نسبت پروتئین‌های غیر فیبرینوژن به فیبرینوژن ((TP-Fib)/Fib)	23.10 [a]	16.76 [b]	20.97 [ab]	1.52	0.03
هماتوکریت(درصد) Hematocrit (%)	26.77	24.99	26.25	1.11	0.52
گلبول‌های قرمز خون(میکرولیتر) µl)/Red blood cells (×10^6	6.57	5.93	6.21	0.28	0.29
پهنای گلبول قرمز در منحنی(درصد) Red cell distribution width (%)	14.91	14.95	14.54	0.30	0.57
هموگلوبین(گرم بر دسی لیتر) Hemoglobin (g/dl)	9.97	10.23	9.74	0.21	0.28
حجم متوسط هموگلوبین Mean corpuscular volume (fL)	40.94	42.10	42.33	0.92	0.55
وزن متوسط هموگلوبین Mean corpuscular hemoglobin (pg)	15.27	15.71	15.70	0.34	0.60
میانگین غلظت هموگلوبین(گرم بر دسی لیتر) Mean corpuscular hemoglobin concentration (g/dl)	37.24	37.36	37.11	0.18	0.60
گلبول‌های سفید(میکرولیتر) Total white blood cells ((*1000)/µl)	8.35	8.26	8.90	0.66	0.76
نسبت گرانولوسیته(درصد)ا Granulocytes (%)	53.52	48.86	51.49	2.92	0.54
نسبت ائوزینوفیل(درصد) (%) Eosinophil	1.83	2.33	1.00	0.58	0.34
نسبت نوتروفیل‌های بالغ(درصد) (%) adult Neutrophil	61.57	53.75	57.75	2.65	0.14
نسبت لنفوسیت(درصد) (%) Lymphocyte	36.50	41.38	39.38	2.65	0.44
نسبت نوتروفیل‌ها به لنفوسیت‌ها Neut/lym	1.73	1.40	1.51	0.18	0.44
نسبت مونوسیت(درصد) Monocyte (%)	2.83	4.00	3.17	0.78	0.54
پلاکت‌ها(واحد بر لیتر) Platelets (10^3/uL)	379.60 [a]	303.14 [b]	311.00 [ab]	20.25	0.05
حجم متوسط پلاکت‌ها(میکرولیتر) Mean platelet volume (fL)	3.32 [b]	3.80 [ab]	3.96 [a]	0.14	0.01
پروکلسیتونین(درصد) Procalcitonin (%)	0.12	0.12	0.12	0.01	0.68

[ab] میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<0. 05).

[ab] Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

جدول ٦- اثر افزودن سطوح مختلف بیوچار معدنی به جیره بر تولید و ترکیب شیر گاوهای شیرده هلشتاین

Table 6- The effect of adding different levels of mineral biochar to the diet on milk production and composition in lactating Holstein cows

فراسنجه‌ها Parameters	جیره‌های دارای سطوح مختلف بیوچار معدنی Diets containing different levels of biochar			میانگین خطای استاندارد SEM	ارزش پی P-value
	0%	0/5%	1%		
تولید شیر(کیلوگرم) Milk production (kg)	40.98	41.39	41.01	1.32	0.97
چربی(درصد) Fat (%)	3.61	3.80	3.35	0.17	0.22
پروتئین(درصد) Protein (%)	2.98[b]	3.15[a]	3.10[ab]	0.05	0.05
نسبت چربی به پروتئین Fat/protein	1.13	1.20	1.09	0.05	0.32
لاکتوز(درصد) Lactose (%)	4.75	4.70	4.66	0.05	0.54
مواد جامد(درصد) Solids (%)	11.55	11.86	11.60	0.20	0.53
مواد جامد بدون چربی(درصد) Solids non fat (%)	8.73	8.70	8.65	0.08	0.76
تعداد سلولهای سوماتیک در شیر(میلی لیتر) Somatic cell count (k cell/ml)	40.81	108.25	219.68	57.34	0.11
نیتروژن اوره‌ای شیر(میلی گرم بر ۱۰۰ گرم) Milk urea nitrogen (mg/100g)	15.98	16.51	15.61	0.40	0.31
نسبت اسیدهای چرب دنوو(درصد) Denovo fatty acids[1] relative (%)	22.91	22.74	22.84	0.66	0.98
نسبت اسیدهای چرب مخلوط(درصد) Mixed fatty acids[2] relative (%)	40.28	41.13	40.31	0.98	0.79
نسبت اسیدهای چرب پیش ساخته(درصد) Preformed fatty acids[3] relative (%)	37.61	36.13	36.85	1.07	0.63
اسیدهای چرب آزاد(میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم چربی) Free fatty acids (meq/100g fat)	7.47	7.75	7.11	0.28	0.31
اسیدهای چرب غیر استریفیه(میلی اکی والان در لیتر) Non esterified fatty acids (µeq/l)	643.81	645.45	584.76	34.59	0.38
نسبت اسیدهای چرب اشباع(درصد) fatty acids (%) Saturated	60.91	60.44	60.56	0.58	0.84
نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع(درصد) Unsaturated fatty acids (%)	24.25	24.53	24.17	0.46	0.85
اسیدهای چرب غیر اشباع تک پیوندی(درصد) unsaturated fatty acids (%) Mono	22.14	22.47	22.17	0.40	0.82
اسیدهای چرب غیر اشباع چند پیوندی(درصد) unsaturated fatty acids (%) Poly	1.99	2.00	2.00	0.11	0.99
اسید پالمیتیک(درصد) Palmitic acid (%)	31.96	32.25	31.77	0.51	0.80
اسید استئاریک(درصد) Stearic acid (%)	11.26	10.12	11.3	0.73	0.46
اسید اولئیک(درصد) Oleic acid (%)	20.32	20.91	20.78	0.32	0.41
بتا هیدروکسی بوتیرات(میلی مول بر لیتر) Beta-hydroxybutyrate (mmol/l)	0.16	0.15	0.14	0.00	0.06
استون(میلی مول بر لیتر) Acetone (mmol/l)	0.27	0.27	0.29	0.01	0.10

[ab] میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<0. 05) . [۱]اسیدهای چرب دنوو:C16> ، [۲]اسیدهای چرب مخلوط: C16 = ، [۳]اسیدهای چرب پیش ساخته: C16<

[ab] Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).
[1] Denovo fatty acids : <C16
[2] Mixed fatty acids : = C16
[3] Preformed fatty acids : >C16

در آزمایش دیگر، افزودن یک نوع بیوچار به جیره بزها اثر معنی-داری بر ترکیب شیر و همچنین میانگین تولید شیر نداشت (Rao and Chopra, 2001).

مطالعات نشان داده است که ویژگی‌های خاص ساختاری بیوچارها در داشتن سطوح متخلخل، سبب انتقال مستقیم ترکیبات آلی (نشاسته و پروتئین) خوراک جای‌گیری شده در خلل و فرج بیوچار و انتقال آن‌ها از شکمبه به روده می‌شوند و با هضم آنزیمی این ترکیبات در روده کوچک بازده مصرف ترکیبات مغذی خوراک در بدن دام بهبود می‌یابد (Leng *et al*., 2012). بیوچار به‌عنوان ماده افزودنی خوراک با داشتن ویژگی‌های خاص ساختمانی، محیطی مطلوب برای تراکم مواد آلی و تجمع ریزجانداران شکمبه را فراهم می‌کند و سبب افزایش سرعت تبدیل ترکیبات گیاهی به محصولات نهایی می‌شود (Das *et al*., 2012).

نظر به اینکه منشأ فرآیند بیوسنتز متابولیکی پروتئین موجود در شیر ناشی از اسیدهای آمینه قابل دسترس در جریان گردش خون رسیده به بافت پستان می‌باشد و از سوی دیگر، منبع تأمین انرژی مورد نیاز برای این مسیر متابولیکی از گلوکز (گلوکز جذب شده از روده کوچک یا تولید شده از اسید پروپیونیک تولیدی در شکمبه) فراهم می‌شود، همچنین، از آنجایی‌که مقدار فراسنجه پروتئین شیر حاصل از تجمیع مقادیر پروتئین کازئین، آلبومین‌ها و ایمنوگلوبولین‌های خون مترشحه در شیر حاصل می‌شود، داده‌های مربوط به مقادیر گلوکز، پروتئین و آلبومین خون نشان داد تقریباً بیشترین مقادیر عددی گلوکز، پروتئین و آلبومین پلاسمای خون در تیمار تغذیه شده با جیره پایه به همراه ۰/۵ درصد بیوچار بوده است که در نتیجه، مجموعاً باعث شده است که فرآیند تولید پروتئین در بافت پستانی بیشتر از سایر تیمارها باشد. علاوه‌براین، با توجه به اثرات مطلوب بیوچار معدنی بر شرایط تخمیر و جمعیت میکروبی، افزایش تولید اسیدهای چرب فرار و احتمالاً خروجی بیشتر پروتئین میکروبی به روده به نظر می‌رسد که اثر مثبت بیوچار معدنی بر غلظت پروتئین شیر دور از ذهن نباشد. به هر حال، دلیل عدم افزایش میزان پروتئین شیر در تیمار تغذیه شده با جیره پایه به همراه یک درصد بیوچار متأثر از عوامل ذکر شده می‌باشد که نیازمند تحقیقات بسیار دقیق‌تر و کامل‌تر از فرآیندهای تخمیر، هضم و جذب شکمبه‌ای و روده‌ای و انتقال در سیستم گردش خون می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، استفاده از سطوح ۰/۵ و یک درصد بیوچار معدنی کوهبنان استان کرمان در تغذیه گاوهای شیرده هلشتاین بر اکثر فراسنجه‌های عملکردی و فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون تأثیر معنی‌داری نداشت. امّا هنگامی که از یک درصد بیوچار معدنی در جیره استفاده گردید، سبب افزایش حجم متوسط پلاکت‌ها گردید، همچنین استفاده از ۰/۵ درصد بیوچار معدنی سبب افزایش پروتئین شیر و کاهش نسبت پروتئین‌های غیرفیبرینوژن به فیبرینوژن و پلاکت‌ها شد. به‌نظر می‌رسد که افزودن ۰/۵ درصد بیوچار معدنی در جیره گاوهای شیرده هلشتاین سبب بهبود پروتئین شیر شود.

References

1. AOAC, (2023). Official Methods of Analysis, 22nd edition Association of Official Analytical Chemists Washington, D.C, USA.
2. Ahmadi, F., Afsharmanesh, M., & Salarmoini, M. (2021). Effects of biochar with vitamin C as replacement of dietary mineral supplements on performance and egg shell quality of laying hens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *14*(3), 399-412. http:// doi.org/10.22067/IJASR.2021.70097.1021 (In Persian with English Summary).
3. Cheng, G., Hao, H., Xie, S., Wang, X., Dai, M., Huang, L., & Yuan, Z. (2014). Antibiotic alternatives: The substitution of antibiotics in animal husbandry?. *Frontiers in Microbiology*. *5*, 217. https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00217
4. Chu, G. M., Jung, C. K., Kim, H. Y., Ha, J. H., Kim, J. H., Jung, M. S., & Cho, J. H. (2013a). Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar as antibiotic alternatives on growth performance, immune responses and fecal microflora population in fattening pigs. *Journal of Animal Science*, *84*(2), 113-120.https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2012.01045.x
5. Chu, G. M., Kim, J. H., Kim, H. Y., Ha, J. H., Jung, M. S., Song, Y., & Lee, S. S. (2013b). Effects of bamboo charcoal on the growth performance, blood characteristics and noxious gas emission in fattening pigs. *Journal of Applied Animal Research*, *41*(1), 48-55. https://doi.org/10.1080/09712119.2012.738219
6. Das, K. C., Balagurusamy, N., & Chinnasamy, S. (2012). Biochars, methods of using biochars, methods of making biochars and reactors: Google Patents. *Journal of US Patent App*, *13*, 388-907.
7. Di Natale, F., Gallo, M., & Nigro, R. (2009). Adsorbents selection for aflatoxins removal in bovine milks. *Journal of Food Engineering*, *95*(1), 186-191. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.04.023

8. Gerlach, A., & Schmidt, H. P. (2012). The use of biochar in cattle farming. *Ithaka Journal*, *2012*, 281-285.
9. Hasannia, S., Bahri, M., Gashtasbi, F., & Dabirmanesh, B. (2020). A review of fibrin applications and it's derivatives in wound healing and tissue engineering. *Modares Journal of Biotechnology*, *11*(3), 15-22. https://doi.org/20.1001.1.23222115.1399.11.3.9.2
10. Hedayati, M., Forouzandeh, A., & Shakeri, P. (2020). The use of biochar on the digestibility of Holstein calves. *Journal of Animal Science*, 32 (1), 367-378. (In Persian with English Summary).
11. Jiya, E. Z., Ayanwale, A. B., Adeoye, B., Kolo, P., Tsado, D. N., & Alabi, O. J. (2014). Carcass yield, organoleptic and serum biochemistry of broiler chickens fed activated charcoal. *Journal of Agricultural and Crop Research*, *2*(5), 83-87.
12. Kashef, M., Afsharmanesh, M., & Salarmoini, M. (2021). Effect of the substitution of different levels of biochar with mineral premix in diet on growth performance variables, meat quality and bone ash of broiler. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *13*(4), 537-549. https://doi.org/10.22067/IJASR.2021.38290.0 (In Persian with English Summary).
13. Kim, B., & Kim, Y. (2005). Effects of feeding charcoal powder and vitamin A on growth performance, serum profile and carcass characteristics of fattening Hanwoo steers. *Journal of Animal Science and Technology*, *47*(2), 233-242. https://doi.org/10.5187/JAST.2005.47.2.233
14. Leng, R., Inthapanya, S., & Preston, T. (2012). Biochar lowers net methane production from rumen fluid *in vitro*. *Livestock Research for Rural Development*, *24*(6), 103.
15. Man, K. Y., Chow, K. L., Man, Y. B., Mo, W. Y., & Wong, M. H. (2021). Use of biochar as feed supplements for animal farming. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51, 187. https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1721980
16. Mir Heydari, A., Torbatinejad, N., Hassani, S., & Shakeri, P. (2018). The effect of using Biochar from pistachio by-product on yield, microbial protein and some parameters of rumen and blood of fattening lambs. *Journal of Science and Animal Research and Construction*, *117*, 151-162. https://doi.org/10.22092/asj.2017.109299.1382 (In Persian with English Summary)
17. Mir Heydari, A., Torbatinejad, N., Hassani, S., & Shakeri, P. (2019). The effect of pistachio by-product Biochar on fermentation parameters and performance of lactating ewes. *Journal of Livestock Production*, *20*, 564-553. https://doi.org/10.22059/JAP.2018.266613.623323 (In Persian with English Summary)
18. NRC. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. National Research Council, National Academies Press, Washington, DC.
19. Rao, S. N., & Chopra, R. (2001). Influence of sodium bentonite and activated charcoal on aflatoxin M1 excretion in milk of goats. *Small Ruminant Research*, *41*(3), 203-213. https://doi.org/10.1016/S0921-4488(01)00216-4
20. Saeidi Garaghani, S., Bashtani, M., Shakeri, P., & Naeimipour Younesi, H. (2022). Effect of mineral Biochar feeding on growth performance, nutrient digestibility, blood and fermentation parameters of weaned Holstein calves. *Journal of Ruminant Research*, *10*(4), 121-136. https://doi.org/10.22069/EJRR.2022.20533.1861 (In Persian with English Summary).
21. Saleem, A. M., Ribeiro Jr, G. O., Yang, W. Z., Ran, T., Beauchemin, K. A., McGeough, E. J., & McAllister, T. A. (2018). Effect of engineered biocarbon on rumen fermentation, microbial protein synthesis, and methane production in an artificial rumen (RUSITEC) fed a high forage diet. *Journal of Animal Science*, *96*(8), 3121-3130. https://doi.org/10.1093/jas/sky204
22. Statistical Analysis System. (2009). Users Guide: Statistics, Version 9.2. SAS Institute, Cary, NC, USA.
23. Van Soest, P. J., J. B. Rbertson, and B. A. Lews. (1991). Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2